

Atty Dkt. No.
32405W047

JC869 U.S. PTO
09/665952



[Signature]
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Yoshiyuki Sogawa

Serial No.: New

Group Art Unit: Unassigned

Filed : September 21, 2000

Examiner: Unassigned

For : APPARATUS AND METHOD FOR STEREO MATCHING AND METHOD
OF CALCULATING AN INFINITE DISTANCE CORRESPONDING POINT

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicant hereby claims the benefit of Japanese Application No. 11-269182 filed in Japan on September 22, 1999, relating to the above-identified United States patent application.

In support of Applicant's claim for priority, a certified copy of said Japanese application is attached hereto.

Respectfully submitted,

SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP

Beveridge, DeGrandi, Weilacher & Young
Intellectual Property Group

By: *[Signature]*
Robert G. Weifacher, Reg. No. 20,531
1850 M Street, N.W., Suite 800
Washington, D.C. 20036
Telephone: (202) 659-2811
Fax: (202) 659-1462

September 21, 2000

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC869 U.S. PTO
09/665952
09/21/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 9月22日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第269182号

願人
Applicant(s):

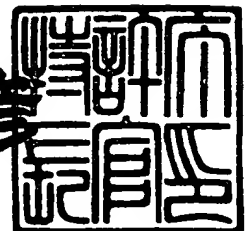
富士重工業株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月14日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤隆彦



【書類名】 特許願

【整理番号】 RM994804

【提出日】 平成11年 9月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都三鷹市大沢三丁目 9 番 6 号 株式会社スバル研究所内

【氏名】 十川 能之

【特許出願人】

【識別番号】 000005348

【氏名又は名称】 富士重工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100101982

【弁理士】

【氏名又は名称】 久米川 正光

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 060635

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9813871

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ステレオマッチング装置、ステレオマッチング方法および無限遠対応点の特定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステレオカメラにより一対の撮像画像を得るとともに、一方の撮像画像における基準画素領域の相関先を他方の撮像画像において特定することにより、当該基準画素領域に関する視差を算出するステレオマッチング装置において、

一方の撮像画像における基準画素領域内の画像データと、他方の撮像画像における前記基準画素領域の垂直位置に対応した水平線上の画像データとを記憶する記憶手段と、

ステレオマッチングを行う際の探索範囲を設定するとともに、当該設定された探索範囲内の画像データと前記基準画素領域内の画像データとの読み出しを、前記記憶手段に対して指示するアドレス手段と、

前記記憶手段から読み出された前記探索範囲内の画像データと前記基準画素領域の画像データとに基づいて、ステレオマッチングにより前記基準画素領域の相関先を特定するステレオマッチング手段とを有し、

前記アドレス手段は、前記基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの程度に基づいて、当該基準画素領域に関する前記探索範囲の位置を補正することを特徴とするステレオマッチング装置。

【請求項 2】

前記アドレス手段は、前記基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、前記探索範囲の位置をずらすような補正を行うことを特徴とする請求項 1 に記載されたステレオマッチング装置。

【請求項 3】

前記アドレス手段は、前記無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、前記探索範囲の始点をずらすことを特徴とする請求項 2 に記載されたステレオマッチング装置。

【請求項 4】

前記アドレス手段は、前記無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、前記探索範囲の終点をずらすことを特徴とする請求項 2 に記載されたステレオマッチング装置。

【請求項 5】

前記アドレス手段は、前記無限遠対応点のずれ量に対応づけて前記探索範囲の位置の補正量を特定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載されたステレオマッチング装置。

【請求項 6】

前記探索範囲の位置を補正するための補正値を画像領域上の位置に対応づけて記憶した補正値記憶手段をさらに有し、

前記アドレス手段は、前記基準画素領域の位置と、前記補正値記憶手段に記憶された当該位置における補正値とに基づいて、当該基準画素領域に関する探索範囲の始点を設定することを特徴とする請求項 3 に記載されたステレオマッチング装置。

【請求項 7】

ステレオカメラにより一对の撮像画像を得るとともに、一方の撮像画像における基準画素領域の相関先を他方の撮像画像において特定するステレオマッチング方法において、

一方の撮像画像において、基準画素領域を特定するステップと、

他方の撮像画像において、前記基準画素領域の探索範囲を特定するステップと

前記探索範囲内を探索することにより、前記基準画素領域の相関先を特定するステップとを有し、

上記探索範囲を特定するステップは、前記基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの程度に基づいて、当該基準画素領域に関する前記探索範囲の位置を補正するステップを含むことを特徴とするステレオマッチング方法。

【請求項 8】

上記探索範囲の位置を補正するステップは、前記基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、前記探索範囲をずらすような

補正を行うステップであることを特徴とする請求項 7 に記載されたステレオマッチング方法。

【請求項 9】

前記探索範囲の位置を補正するステップは、前記基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、前記探索範囲の始点をずらすステップであることを特徴とする請求項 8 に記載されたステレオマッチング方法。

【請求項 1 0】

前記探索範囲の位置を補正するステップは、前記基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、前記探索範囲の終点をずらすステップであることを特徴とする請求項 8 に記載されたステレオマッチング方法。

【請求項 1 1】

前記探索範囲の位置を補正するステップは、前記無限遠対応点のずれに相当した補正值で前記探索範囲の位置を補正するステップであることを特徴とする請求項 7 から 1 0 のいずれかに記載されたステレオマッチング方法。

【請求項 1 2】

ステレオカメラにより一对の撮像画像を得るとともに、当該撮像画像対に基づいて無限遠対応点の特定する方法において、

第 1 の垂直線と第 2 の垂直線とがステレオカメラの基線長と同一間隔で描かれたスクリーンを、ステレオカメラにより撮像するステップと、

一方の撮像画像に映し出された第 1 の垂直線の位置を基準とした他方の撮像画像に映し出された第 2 の垂直線の位置とのずれを特定することにより、一方の撮像画像の第 1 の垂直線上の位置における無限遠対応点を算出するステップとを有することを特徴とする無限遠対応点の算出方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステレオマッチング装置およびステレオマッチング方法に係り、特

に、ステレオマッチングを行う際の探索範囲の設定に関する。

【0002】

【従来の技術】

ステレオカメラから得られた一对の撮像画像に基づき、撮像画像中に映し出された対象物までの距離（すなわち視差）を算出するステレオ処理装置が知られている。この処理装置においては、まず、一方の撮像画像（例えば右画像）中のある画素ブロックに関して、その相関先を他方の撮像画像（例えば左画像）において特定する（ステレオマッチング）。そして、この画素ブロックに関する視差、すなわち、右画像上における画素ブロック（相関元）の位置と左画像上における相関先の位置との水平方向におけるずれ量を算出する。

【0003】

周知のように、ステレオ法の原理から、右画像（基準画像）におけるある画素ブロックの相関先は、左画像（比較画像）のエピポーラライン上、すなわち、相関元が位置する水平線と同一水平線上（同一の垂直座標）に存在する。この場合、視差は、基準画像上における相関元の水平座標を基準とした右方向のずれ量として算出される。ここで、ステレオカメラから対象物までの距離が無限遠であると仮定した場合、理論上の視差は0となり、相関元の水平座標と同じ水平座標に相関先が存在する。このように、対象物が無限遠にあると仮定した場合に算出される相関先の水平座標とエピポーララインとの交点を「無限遠対応点」という。そして、対象物が近づくとつれて、この無限遠対応点を基準とした右方向へのずれ量（視差）は大きくなっていく。したがって、ステレオマッチングを行う際の探索範囲としては、相関先が最も左側に位置する点、すなわち無限遠対応点を基準とした右方向の所定範囲を設定すればよい。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このように、基準画像上の相関元の座標点（以下「基準座標点」という）と比較画像上の無限遠対応点とは理論上一致する。しかしながら、実際には、両者にずれが生じる場合が多い。また、そのずれの程度は画像全体において一様ではなく、画像上の位置によっても異なる。このようなずれが生じる要因としては、左

右のカメラの焦点距離がばらついており、一方の画像に対して他方の画像が拡大／縮小してしまっているケースが挙げられる。また、カメラのレンズ歪みや左右のカメラの取り付け位置のずれ等によっても生じ得る。その結果、基準座標点よりも左方向（本来の方向とは逆方向）に無限遠対応点が出現してしまう事態が起こり得る。したがって、基準座標点を探索範囲の起点に設定すると、この起点よりも左側に位置した相関先を特定できなくなってしまうという問題がある。

【 0 0 0 5 】

このような問題を解決するために、探索範囲の起点を基準座標点よりも左側にマージンをもって設定しておくことが考えられる。上述したように、基準座標点に対する無限遠対応点のずれ量は画像領域において一様ではない。したがって、マージンを一定値とする場合、マージンは無限遠対応点の最大ずれ量よりも大きな値に設定する必要がある。その結果、マージンを広くとっている分だけ探索範囲が広がるため、ステレオマッチングに要する演算量が増大してしまい処理速度の低下を招くといった問題が生じる。また、探索範囲を広げることで、その分だけ mismatches の可能性が高くなってしまう。したがって、算出された視差すなわち算出距離の信頼性の低下を招くといった問題も生じる。

【 0 0 0 6 】

この発明は、このような事情に鑑みなされたもので、その目的は、画像上の位置に応じて、ステレオマッチングを行う際の探索範囲を可変に設定することである。

【 0 0 0 7 】

また、この発明の別の目的は、画像上の位置に応じて適切な探索範囲を設定することにより、探索範囲の拡大を抑制し、ステレオマッチングに要する演算量の増大を抑えることである。

【 0 0 0 8 】

さらに、この発明の別の目的は、探索範囲の拡大を抑制することにより、 mismatches が生じる可能性を低減し、距離データの信頼性の低下を抑制することである。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するために、第 1 の発明は、ステレオカメラにより一対の撮像画像を得るとともに、一方の撮像画像における基準画素領域の相関先を他方の撮像画像において特定することにより、当該基準画素領域に関する視差を算出するステレオマッチング装置を提供する。この装置は、記憶手段と、アドレス手段と、ステレオマッチング手段を有する。記憶手段は、一方の撮像画像における基準画素領域内の画像データと、他方の撮像画像における基準画素領域の垂直位置に対応した水平線上の画像データとを記憶する。アドレス手段は、ステレオマッチングを行う際の探索範囲を設定するとともに、当該設定された探索範囲内の画像データと基準画像領域内の画像データとの読み出しを、記憶手段に対して指示する。また、ステレオマッチング手段は、記憶手段から読み出された探索範囲内の画像データと基準画素領域の画像データとに基づいて、ステレオマッチングにより基準画素領域の相関先を特定する。ここで、上記のアドレス手段は、基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの程度に基づいて、当該基準画素領域に関する探索範囲の位置を補正する。

【0 0 1 0】

このような構成において、アドレス手段は、基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、探索範囲の位置をずらすような補正を行うことが好ましい。

【0 0 1 1】

また、アドレス手段は、無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、探索範囲の始点をずらしてもよく、また、無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、探索範囲の終点をずらしてもよい。さらに、アドレス手段は、無限遠対応点のずれ量に対応づけて探索範囲の位置の補正量を特定することが好ましい。

【0 0 1 2】

また、第 1 の発明にさらに補正值記憶手段を設けることが好ましい。この補正值記憶手段は、探索範囲の位置を補正するための補正值を画像領域上の位置に対応づけて記憶する。この場合、アドレス手段は、基準画素領域の位置と、補正值記憶手段に記憶された当該位置における補正值とに基づいて、基準画素領域に関

する探索範囲の始点を設定する。

【0013】

第2の発明は、ステレオカメラにより一対の撮像画像を得るとともに、一方の撮像画像における基準画素領域の相関先を他方の撮像画像において特定するステレオマッチング方法を提供する。このステレオマッチング方法は、一方の撮像画像において、基準画素領域を特定するステップと、他方の撮像画像において、基準画素領域の探索範囲を特定するステップと、探索範囲内を探索することにより、基準画素領域の相関先を特定するステップとを有する。ここで、上記探索範囲を特定するステップは、基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの程度に基づいて、当該基準画素領域に関する探索範囲の位置を補正するステップを含む。

【0014】

このような構成において、上記探索範囲の位置を補正するステップは、基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、探索範囲をずらすような補正を行うステップであることが好ましい。

【0015】

また、探索範囲の位置を補正するステップは、基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、探索範囲の始点をずらすステップであってもよく、基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの方向と同じ方向に、探索範囲の終点をずらすステップであってもよい。さらに、探索範囲の位置を補正するステップは、無限遠対応点のずれに相当した補正值で探索範囲の位置を補正するステップであることが望ましい。

【0016】

第3の発明は、ステレオカメラにより一対の撮像画像を得るとともに、当該撮像画像対に基づいて無限遠対応点の特定する方法を提供する。この方法は、第1の垂直線と第2の垂直線とがステレオカメラの基線長と同一間隔で描かれたスクリーンを、ステレオカメラにより撮像するステップと、一方の撮像画像に映し出された第1の垂直線の位置を基準とした他方の撮像画像に映し出された第2の垂直線の位置とのずれを特定することにより、一方の撮像画像の第1の垂直線上の

位置における無限遠対応点を算出するステップとを有する。

【0017】

【発明の実施の形態】

図1は、本実施例にかかるステレオ処理装置のブロック図である。車外の景色を撮像するステレオカメラ1は、ルームミラーの近傍に取り付けられており、C C D等のイメージセンサを内蔵した一対のカメラ2 a, 2 bで構成されている。各カメラ2 a, 2 bは、車幅方向において所定の基線長で取り付けられている。基準画像データを得るためのメインカメラ2 aは、車輛の進行方向に向かって右側に取り付けられている。一方、比較画像を得るためのサブカメラ2 bは、進行方向に向かって左側に取り付けられている。

【0018】

カメラ対2 a, 2 bの同期が取れている状態において、カメラ2 a, 2 bから出力された各アナログ画像は、A/Dコンバータ3 a, 3 bにより、所定の輝度階調（例えば、256階調のグレースケール）のデジタル画像に変換される。これにより、メインカメラ2 aの出力信号から、水平方向が512画素、垂直方向が200画素の基準画像データ（輝度データ）が生成される。また、サブカメラ2の出力信号から、基準画像と垂直方向長が同じで、基準画像よりも大きな水平方向長を有する比較画像データが生成される（一例として、水平方向が640画素、垂直方向が200画素）。デジタル化された1フレーム（1画面）分のステレオ画像（基準画像と比較画像）は、1フレーム分のデジタルデータを記憶可能な容量を有するフレームメモリ4 a, 4 bにそれぞれストアされる。

【0019】

アドレス生成回路10を構成するアドレス生成部12による指示にしたがい、フレームメモリ4 a, 4 b中の指示されたメモリ領域にストアされデータが読み出される。そして、読み出された画像データが画像補正回路5に転送される。画像補正回路5は、後段のステレオマッチング回路8にて行われるステレオマッチングの精度を高めるために、画像の位置補正や輝度補正等を行う。左右のカメラ2 a, 2 bの取り付け位置のずれ（水平方向、垂直方向、または回転方向のずれ）、カメラレンズの歪み、またはC C Dの受光面のあおり等に起因して、ステレ

オ画像の位置がずれている場合がある。そのために、アフィン変換等の線形的な形状補正または非線形な形状補正をステレオ画像に対して施すことにより、ステレオ画像の位置ずれを低減している。非線形な補正手法としては、例えば、特願平 1 0 - 1 3 2 2 7 5 号に記載された手法を用いることができる。また、輝度補正は、ステレオカメラの感度の相違を補正するものであり、例えば、低輝度部分のコントラストを改善する LOG 補正（特願平 5 - 2 6 9 2 2 3 号に記載）、画素毎に記憶されたシェーディング補正比に基づき輝度値を補正するシェーディング補正（特願平 5 - 5 8 9 7 4 号に記載）等である。

【 0 0 2 0 】

画像補正回路 5 において補正されたの基準画像データは、ラインメモリ 6 中のメモリ領域にストアされる。すなわち、画素単位で 4 水平ライン分（4×4 の画素ブロック単位では 1 水平ライン分）の基準画像データがストアされる。また、補正回路 5 において補正された比較画像データは、ラインメモリ 7 中のメモリ領域にストアされる。すなわち、画素ブロック単位で 1 水平ライン分の比較画像データが書き込まれる。以下の説明で用いられる「一水平ライン」とは、画素ブロック単位での一水平ラインをいう。ラインメモリ 6、7 中の書き込みが行われるメモリ領域は、アドレス生成部 1 2 によって指示される。また、画像補正回路 5 から出力された基準画像データは、マイクロコンピュータ 9 へ入力される。

【 0 0 2 1 】

アドレス生成部 1 2 からの指示により、ラインメモリ 6 にストアされた 1 画素ブロック相当の基準画像データが読み出され、ステレオマッチング回路 8 に転送される。この転送されたデータは、ステレオマッチングを行う際の相関元データ、すなわち、基準画素ブロック内の各画素データ（輝度値）である。また、探索範囲アドレス生成部 1 3 からの指示により、ラインメモリ 7 にストアされた「探索範囲」相当の比較画像データ（探索範囲データ）が読み出され、ステレオマッチング回路 8 に転送される。この転送されたデータは、ステレオマッチングにおける探索範囲内の各画素データ（輝度値）である。なお、探索範囲アドレス生成部 1 3 において設定される「探索範囲」は、本実施例の特徴の一つであるから、これについては後で詳細に説明する。

【0022】

ステレオマッチング回路 8 は、基準画素ブロックデータと探索範囲データとに基づいて、ステレオマッチングを行い視差を算出する。視差は、4×4画素の画素ブロック単位で算出されるため、1 フレームの基準画像全体では128×50個の視差が算出され得る。基準画像中の1画素ブロック（基準画素ブロック）を対象とした場合、その輝度特性と相関を有する領域（相関先）を、比較画像の探索範囲内を探索することによって特定する。ステレオマッチング回路 8 は、上述したエピポーラライン上を1画素ずつシフトしながら、探索範囲内の画素ブロック毎に基準画素ブロックとの相関を評価する。

【0023】

2つの画素ブロックの相関は、例えば、数式 1 に示したシティブロック距離 C B を算出することにより評価することができる。同数式において、 p_{1ij} は一方の画素ブロックの $i j$ 番目の画素の輝度値であり、 p_{2ij} は他方の画素ブロックの $i j$ 番目の輝度値である。シティブロック距離 C B は、位置的に対応した輝度値 p_{1ij} 、 p_{2ij} 対の差（絶対値）の画素ブロック全体における総和であって、その差が小さいほど両画素ブロックの相関が大きいことを意味している。

【0024】

【数 1】

$$CB = \sum |p_{1ij} - p_{2ij}|$$

【0025】

基本的には、エピポーラライン上に存在する画素ブロック毎に算出されたシティブロック距離 C B のうち、その値が最小となる画素ブロックが基準画素ブロックの相関先と判断される。このようにして特定された相関先と基準画素ブロックとの間のずれ量が視差となる。

【0026】

また、ステレオマッチング回路 8 は、画素ブロックの水平方向の輝度エッジ（輝度変化量）の有無、同一エピポーラライン上において算出されたシティブロック距離 C B の最大値／最小値との関係等を評価する。そして、距離データとしての信頼性を確保するために、視差にフィルタリング処理を施し、有効とされた視

差（以下、この有効とされた視差を単に「視差」という）のみを出力する。なお、シティブロック距離を算出するためのハード構成やフィルタリング処理の詳細については、特開平 5 - 1 1 4 0 9 9 号公報に開示されているので、必要ならば参照されたい。このような処理を経て算出された視差はマイクロコンピュータ 9 に転送される。

【0027】

本実施例において、アドレス生成回路 10 は、ステレオマッチングを行う際の「探索範囲 S」を設定する機能を有している。この機能を達成するために、アドレス生成回路 10 は、基準画素ブロック位置指定部 11 と、補正值記憶部 14 と、探索範囲アドレス生成部 13 を有している。探索範囲 S の設定位置は、基準画素ブロック P B の位置 (i_p, j_p) における無限遠対応点 χ の状態に応じて、以下のように補正される。

【0028】

まず、位置指定部 11 は、ステレオマッチングを行う対象となっている基準画素ブロック P B に関して、その基準画像上の位置 (i_p, j_p) をブロック単位で特定する ($0 \leq i_p \leq 127, 0 \leq j_p \leq 49$)。そして、この基準画素ブロック P B の位置 (i_p, j_p) を探索範囲アドレス生成部 13 と補正值記憶部 14 とに対して出力する。

【0029】

位置指定部 11 により基準画素ブロック P B の位置 (i_p, j_p) が指定されると、EEPROM等の補正值記憶部 14 に格納された検査開始位置補正テーブル 15 が参照され、その基準画素ブロック P B に関する補正值 P S が特定される。この補正值 P S は、基準画素ブロック P B の相関先を探索する際における比較画像上の探索範囲 S の起点、すなわち探索開始位置を補正するためのものである。補正值 P S は、システムの初期設定時（工場での調整工程やディーラでの再調整時）において計測された撮像画像上の無限遠対応点 χ のずれ特性に基づき設定され、その値が補正值記憶部 14 に書き込まれる。無限遠対応点 χ と補正值 P S とは、概ね次のような関係がある。

【0030】

(無限遠対応点 χ と補正值 PS との関係)

1. 補正值 PS は基準座標点 X (基準画素ブロック PB の座標点) を基準とした無限遠対応点 χ のずれの方向 (正負) と同符号である
2. 補正值 PS は基準座標点 X を基準とした無限遠対応点 χ のずれ量が大いほど大きな補正量を有する

【0031】

補正值記憶部 14 から基準画素ブロックの位置 (i_p, j_p) に対応した補正值 PS が読み出されると、探索範囲アドレス生成部 13 によって、その起点 SAD と終点 EAD と下式に基づいて算出され、探索範囲 S が設定される。

【0032】

(探索範囲 S の設定)

$$\text{起点 } SAD = (4 \times i_p - \beta) + PS$$

$$\text{終点 } EAD = SAD + 131$$

【0033】

すなわち、基準画素ブロック PB の水平座標 i_p に 1 画素ブロックの水平画素数 4 を掛けて、基準座標点 X (画素単位) を算出する。この基準座標点 X から所定のマージン β を減算 (基準座標点 X を左にシフト) することにより基本起点 A が算出される。探索範囲 S の起点 SAD は、この基本起点 A に補正值 PS を加算した値である。また、探索範囲 S の終点 EAD は、起点 SAD に所定値 131 を加算した値であり、起点 SAD が特定されると、この値も一意に特定される。探索範囲 S は、起点 SAD と終点 EAD との間の範囲 (132 画素分) ということになる。

【0034】

探索範囲アドレス生成部 13 は、このようにして設定された探索範囲 S 内の比較画像データ (探索範囲データ) を読み出す旨をラインメモリ 7 に対して指示する。読み出された探索範囲データはステレオマッチング回路 8 に転送される。ステレオマッチング回路 8 は、ラインメモリ 6 から転送された基準画素ブロックデータとこの探索範囲データとに基づいて、上述したようなシティブロック距離 CB を算出する。

【0035】

図2は、補正值P Sが0の場合に設定される探索範囲Sを示した図である。上述したように、補正值P Sは計測された無限遠対応点 χ との関係で設定されている。したがって、補正值P Sが0ということは、基準座標点Xに対する無限遠対応点 χ のずれが0、つまり基準座標点Xと同一水平座標に無限遠対応点 χ が存在する。したがって、基本起点A（補正值P S = 0）から探索を開始したとしても、無限遠対応点 χ が探索範囲S内から逸脱してしまうことはない。なお、この場合における探索範囲Sの終点E A DはA + 131になる。

【0036】

図3は、補正值P Sが+4の場合に設定される探索範囲Sを示した図である。補正值P Sが+4であるから、基本起点Aに補正值4を加算した値が起点S A Dとなり、終点E A DはA + 135になる。補正量P Sが+4ということは、基準座標点Xを基準として無限遠対応点 χ が右方向に4相当の補正量分だけずれていることを示している。したがって、起点S A Dを基本起点Aよりも右側に補正量分シフトさせたとしても、無限遠対応点 χ が探索範囲Sから逸脱してしまうことなく、また起点S A Dの右近傍に無限遠対応点 χ が存在することが保証される。

【0037】

図4は、補正值P Sが-4の場合に設定される探索範囲Sを示した図である。補正值P Sが-4であるから、基本起点Aに補正值4を減算した値が起点S A Dとなり、終点E A DはA + 127になる。補正量P Sが-4ということは、基準座標点Xを基準として無限遠対応点 χ が左方向に4相当の補正量分だけずれていることを示している。したがって、起点S A Dを基本起点Aよりも左側に補正量分シフトさせることにより、無限遠対応点 χ が探索範囲Sから逸脱することを防ぐことができる。この場合も、起点S A Dの右近傍に無限遠対応点 χ が存在することが保証される。

【0038】

このように、基準座標点Xを基準とした無限遠対応点 χ のずれが画像領域において一様でない点に鑑み、本実施例では、このずれに応じて探索範囲Sの起点S A Dおよび終点E A Dをずらしている。これに対して、探索範囲Sを固定的に設

定した場合、無限遠対応点 x の最大ずれ量を考慮したマージンで探索範囲 S の起点を左方向にずらすとともに、その終点も比較的大きなマージンで右方向にずらす必要がある。本実施例のように、無限遠対応点のずれに応じて探索範囲の位置を可変とすれば、このような広いマージンを設定する必要がないので、探索範囲の拡大を招くことがない。その結果、ステレオマッチングに要する演算量の増大を抑え、処理速度の低下を抑制することができる。また、探索範囲を広くとる必要がない分、ステレオマッチングにおいてミスマッチが生じる可能性を低くすることができる。したがって、算出された視差すなわち算出距離の精度を確保することができる。

【 0 0 3 9 】

基準座標点 X を基準とした無限遠対応点 x のずれは、以下のような方法によって求めることができる。図 5 は、無限遠対応点 x の計測方法を説明するための図である。まず、無限遠対応点 x を特定するために、特別なスクリーン 2 1 をステレオカメラ 1 前方の所定の位置に配置する。このスクリーン 2 1 には 6 本の垂直線が描かれており、隣接した垂直線の間隔は、ステレオカメラ 1 の基線長、すなわち、右カメラ 2 a と左カメラ 2 b との間隔と同一に設定されている。各垂直線には、垂直線を区別できるように番号が付されている。すなわち、スクリーンの一番右側の垂直線の番号を「比較No.1」とし、そこから順次「比較No.2」～「比較No.5」までの番号が付されている。また、スクリーンの右から数えて 2 番目の垂直線の番号を「基準No.1」とし、そこから順次「基準No.2」～「基準No.5」までの番号が付されている。右カメラ 2 a でこのスクリーン 2 1 を撮像すると、撮像画像（基準画像）の中央に垂直線「基準No.3」が映し出されるようにスクリーン 2 1 を配置する。その結果、左カメラ 2 b の撮像画像（比較画像）の中央に垂直線「比較No.3」が映し出される。

【 0 0 4 0 】

このようなスクリーン 2 1 をステレオカメラ 1 で撮像すると、理想的な状態では、図 6 に示したようなステレオ撮像画像が得られる。この状態において、比較画像に映し出された垂直線「比較No.1」～「比較No.5」の位置は、基準画像に映し出された対応垂直線「基準No.1」～「基準No.5」の位置と完全に一致する。各

垂直線間の間隔は、ステレオカメラ 1 の基線長と同一に設定されている。したがって、ステレオ法の特長から、比較画像上の対応垂直線「比較No.1」～「比較No.5」は、その位置における無限遠対応点 χ に相当する（このケースではずれは 0）。

【0041】

左右のカメラ 2 a, 2 b の焦点距離のばらつきやレンズの歪み、或いは左右のカメラ 2 a, 2 b の水平方向のずれ等の影響があると、ステレオ撮像画像は図 6 に示したようにはならない。図 7 は、左カメラ 2 b の焦点距離が右カメラ 2 a の焦点距離よりも小さい場合（左カメラ 2 b が広角気味である場合）に得られるステレオ撮像画像を示した図である。この場合、比較画像は、画像中央を基準として水平方向に縮小されて映し出される。したがって、対象垂直線「比較No.1」, 「比較No.2」は理想的な状態と比べて右側へシフトし、対象垂直線「比較No.4」, 「比較No.5」は左側へシフトする。そのため、各垂直線「基準No.1」～「基準No.5」上に映し出された対象物（ある有限の距離を有する）は、それに対応した対応垂直線「比較No.1」～「比較No.5」の位置（すなわち無限遠対応点 χ ）よりも必ず右側に位置する。

【0042】

図 8 は、左カメラ 2 b の焦点距離が右カメラの焦点距離よりも小さく、かつ、左カメラ 2 b のレンズが大きく歪んでいる場合におけるステレオ撮像画像を示した図である。実際のケースでは、上述したような要因が複合的に存在することが多いため、図 8 のような撮像画像が得られることも多い。このケースでは、図 7 のケースと違い、対応垂直線「比較No.1」～「比較No.5」のずれが、水平位置の位置のみならず垂直位置によっても異なっている。すなわち、無限遠対応点 χ のずれは、画像領域上の垂直位置によって異なってくる。

【0043】

このように、画像領域上の各位置の無限遠対応点 χ のずれを特定し、そのずれに応じた補正值 P S を位置毎に個別に設定する。図 9 は、基準座標点（基準画素ブロックの座標点）と補正值 P S との関係を示した図である。図 6 に示したように、画像の水平座標の全域に渡って無限遠対応点 χ が基準座標点 X と一致してい

る場合は、図 9 において記号 a で示したように、補正值 P S を 0 に設定する。これに対して、図 7 に示したように、垂直線「基準 No.1」，「基準 No.2」，「基準 No.4」，「基準 No.5」が中央の垂直線「基準 No.3」の方向にずれている場合は、図 9 において記号 b で示したように、水平座標値の増加に伴い線形的に減少するような補正值 P S を設定する。また、図 8 に示したような状態では、図 9 において記号 c で示したように、水平座標の増加に伴い非線形的に減少するような補正值 P S を設定する。なお、図 9 の曲線 c は、同一垂直座標における補正值 P S を示したものである。さらに、左右のカメラ 2 a，2 b のヨー方向のずれが存在した場合、図 9 に示した特性は上下方向に移動する。

【0044】

このように、基準座標点を基準とした無限遠対応点 χ のずれは、各垂直線「基準 No.1」～「基準 No.5」を基準とした各対応垂直線「比較 No.1」～「比較 No.5」のずれを計測することにより特定することができる。上述したように、基準画素ブロック P B の相関先は、無限遠対応点 χ に相当する対応垂直線「比較 No.1」よりも必ず右側に存在する。したがって、補正值 P S は、無限遠対応点 χ のずれを考慮して、この無限遠対応点 χ を必ず含むような探索起点 S A D に設定すればよい。

【0045】

【発明の効果】

このように、本発明では、基準画素ブロックの基準座標点に対する無限遠対応点のずれに応じて探索範囲の位置を補正することにより、基準画素ブロック毎に適切な探索範囲を設定することができる。したがって、上述したように、無限遠対応点の最大ずれを見越して探索範囲に広いマージンを設定する必要がない。その結果、探索範囲の拡大を抑制することができるので、ステレオマッチングに要する演算量の増大を抑えることができる。また、探索範囲の拡大を抑制することで mismatches の可能性を低減することができるため、距離データの信頼性の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本実施例にかかるステレオ処理装置のブロック図

【図 2】補正值が 0 に設定される探索範囲を示した図

【図 3】補正值が +4 に設定される探索範囲を示した図

【図 4】補正值が -4 に設定される探索範囲を示した図

【図 5】無限遠対応点の計測方法を説明するための図

【図 6】理想的なステレオ撮像画像を示した図

【図 7】左カメラの焦点距離が右カメラの焦点距離よりも小さい場合におけるステレオ撮像画像を示した図

【図 8】左カメラの焦点距離が右カメラの焦点距離よりも小さく、左カメラのレンズが大きく歪んでいる場合におけるステレオ撮像画像を示した図

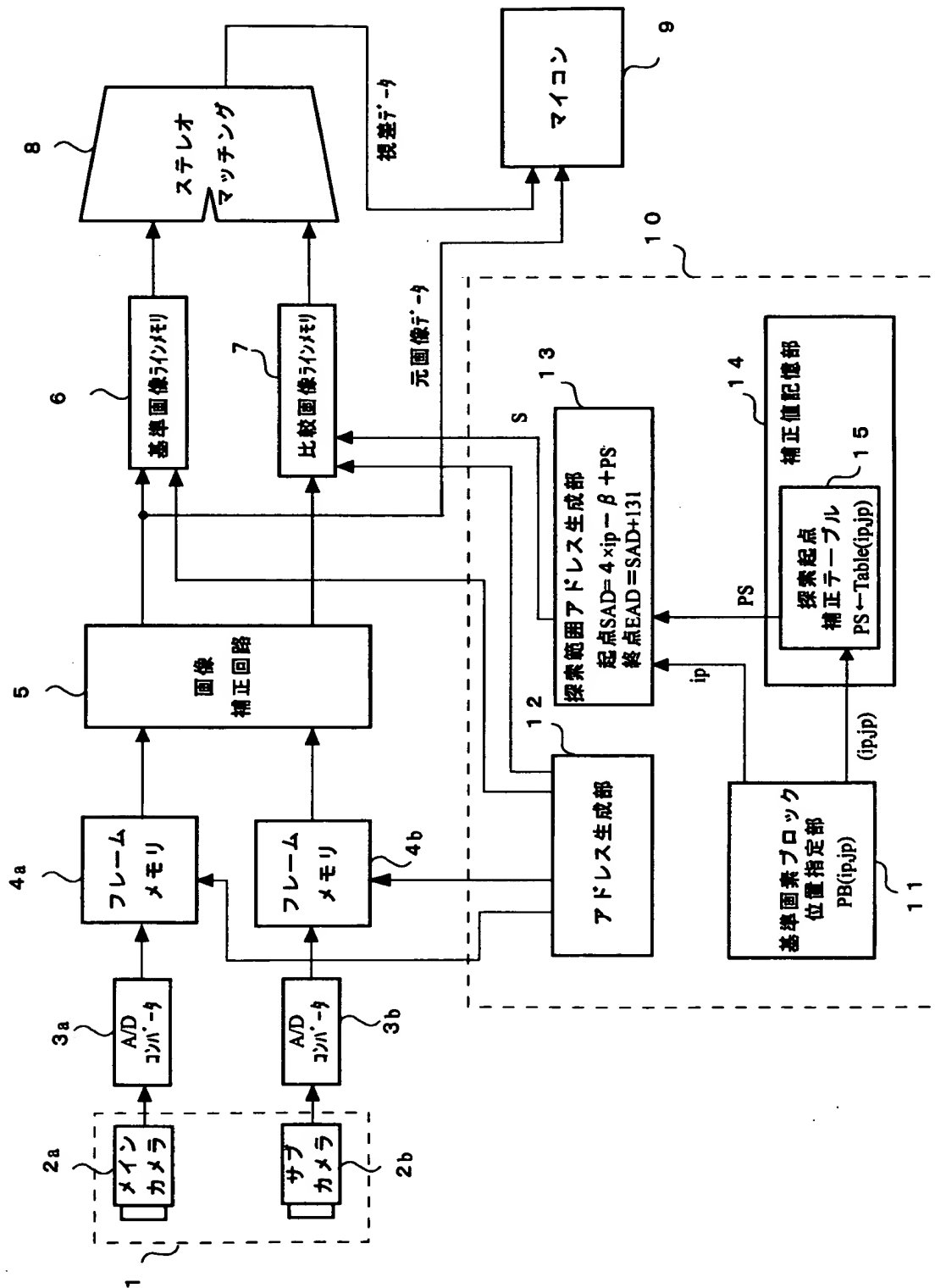
【図 9】基準座標点と補正值との関係を示した図

【符号の説明】

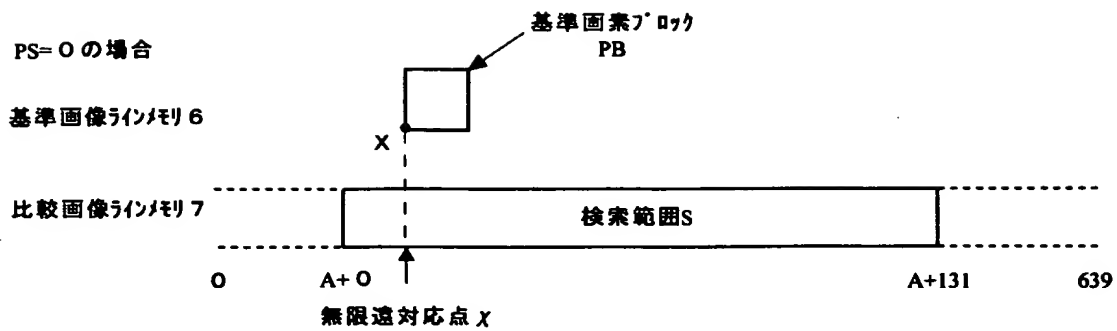
- | | | | |
|----------|----------------|----------|----------------|
| 1 | ステレオカメラ、 | 2 a | メインカメラ（右カメラ）、 |
| 2 b | サブカメラ（左カメラ）、 | 3 a, 3 b | A/D コンバータ、 |
| 4 a, 4 b | フレームメモリ、 | 5 | 画像補正回路、 |
| 6 | 基準画像ラインメモリ、 | 7 | 比較画像ラインメモリ、 |
| 8 | ステレオマッチング回路、 | 9 | マイクロコンピュータ、 |
| 1 0 | アドレス生成回路、 | 1 1 | 基準画素ブロック位置指定部、 |
| 1 2 | アドレス生成部、 | 1 3 | 探索範囲アドレス生成部、 |
| 1 4 | 補正值記憶部、 | 1 5 | 探索起点補正テーブル、 |
| 2 1 | 無限遠対応点特定用スクリーン | | |

【書類名】 図面

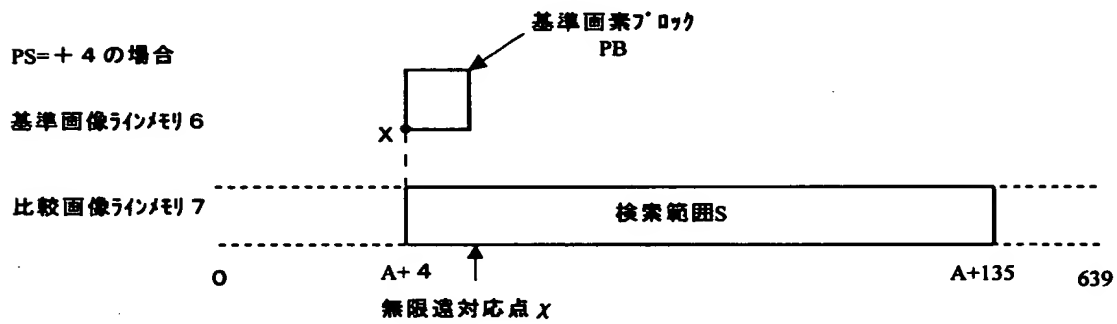
【図 1】



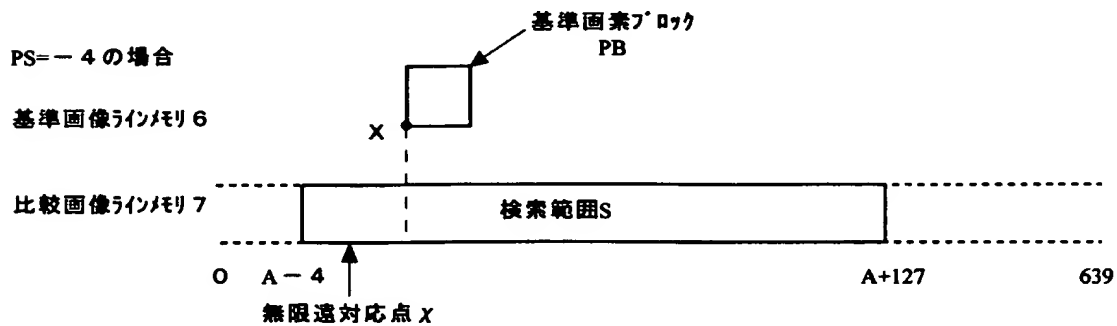
【図 2】



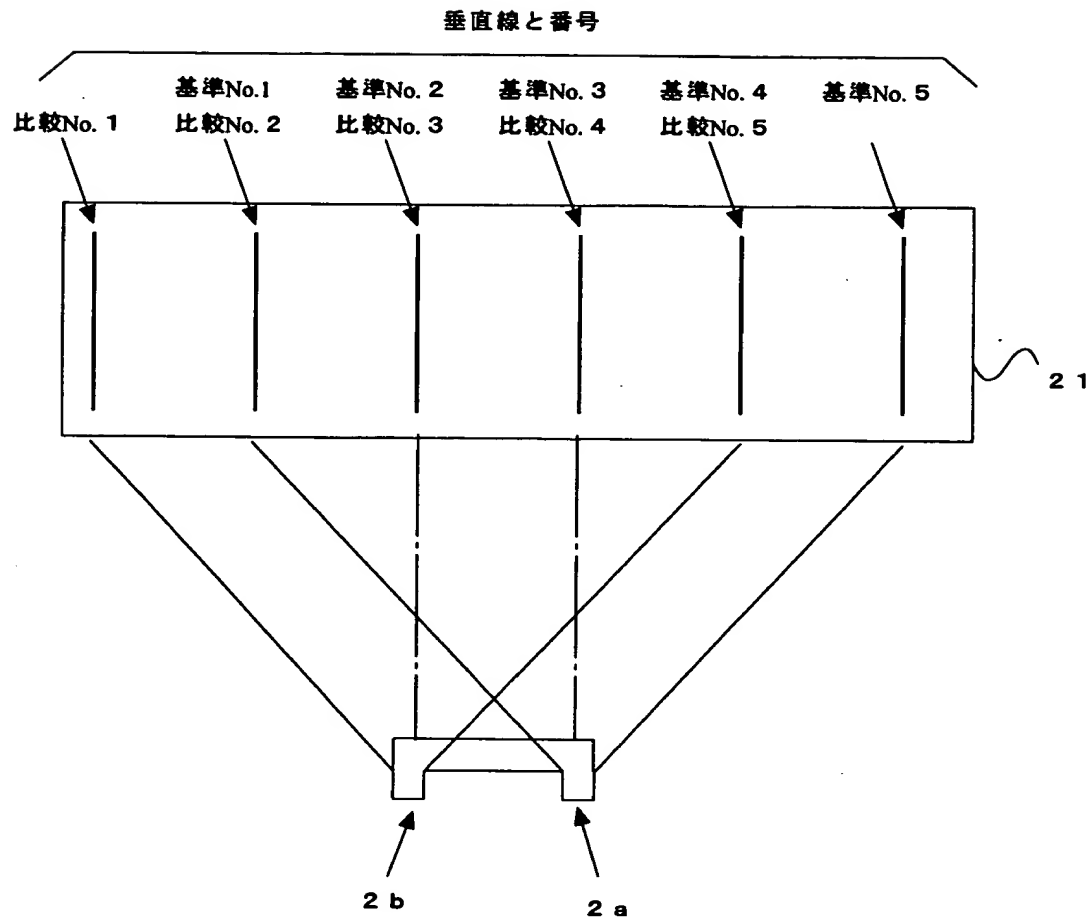
【図 3】



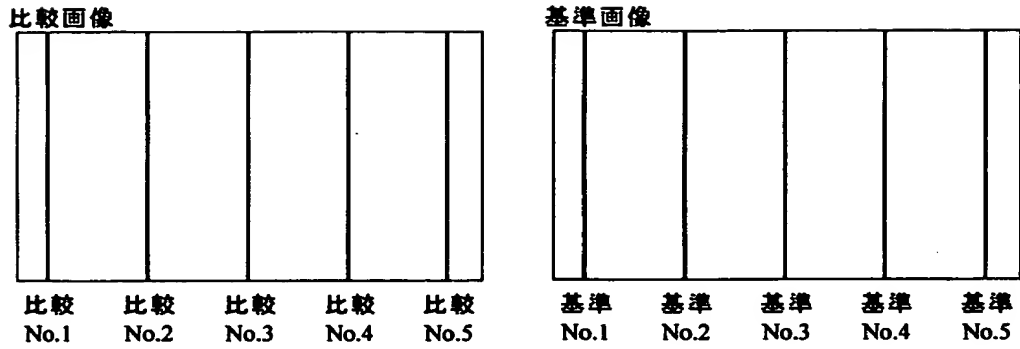
【図 4】



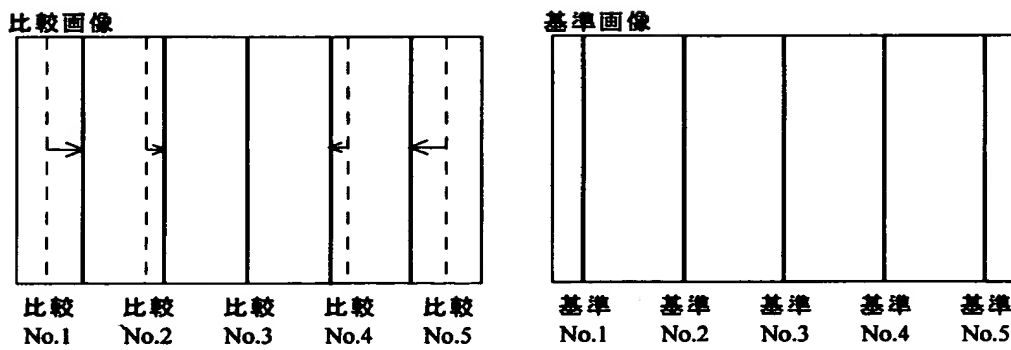
【図 5】



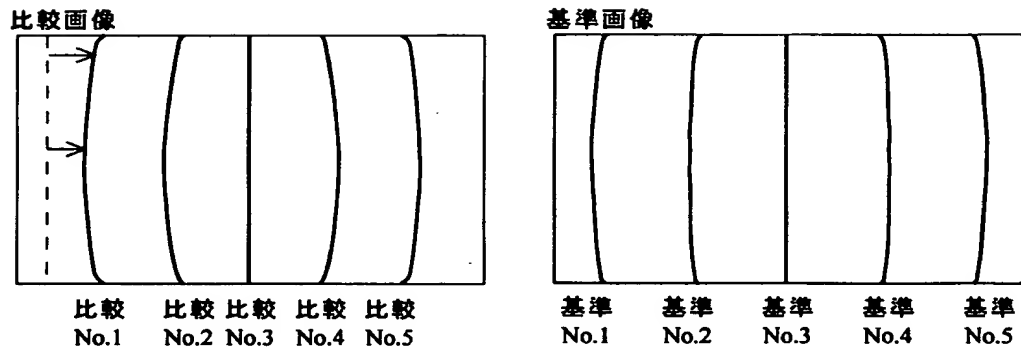
【図 6】



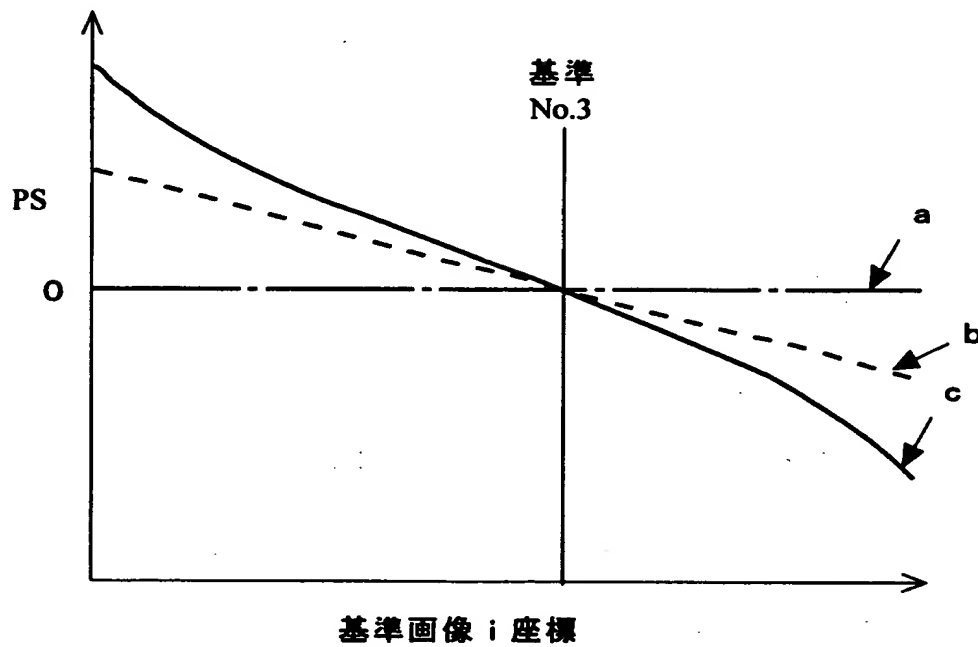
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 画像上の位置に応じて、ステレオマッチングを行う際の探索範囲を可変に設定すること

【解決手段】 比較画像ラインメモリ 7 と、アドレス生成回路 1 0 と、ステレオマッチング回路 8 とを有する。ラインメモリ 7 は、一方の撮像画像における基準画素領域内の画像データと、他方の撮像画像における基準画素領域の垂直位置に対応した水平線上の画像データとを記憶する。アドレス生成回路 1 0 は、ステレオマッチングを行う際の探索範囲を設定するとともに、当該設定された探索範囲内の画像データと基準画像領域内の画像データとの読み出しを、ラインメモリ 7 に対して指示する。また、ステレオマッチング回路 8 は、ラインメモリ 7 から読み出された探索範囲内の画像データと基準画素領域の画像データとに基づいて、ステレオマッチングにより基準画素領域の相関先を特定する。ここで、上記のアドレス生成回路 1 0 は、基準画素領域の水平位置を基準とした無限遠対応点のずれの程度に基づいて、当該基準画素領域に関する探索範囲の位置を補正する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005348]

1. 変更年月日	1990年 8月 9日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿一丁目7番2号
氏 名	富士重工業株式会社